



Schůzka držitelů povolení 2025

Irena Koniarová

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i., Praha

Obsah sdělení

- Aktualizovaná doporučení SÚJB
 - Stanovení absorbované dávky v externí radioterapii (aktualizace TRS 398)
 - CT simulátory
 - Lineární urychlovače
 - Brachyterapie
- Nová doporučení
 - Optimalizace CT simulátorů
 - Stínění radioterapeutických ozařoven
- Spuštění webu pro výsledky z projektů
 - Projekt TAČR – plošná studie s fantomem hlavy
 - Doporučení pro nezávislé prověrky v radioterapii
 - Toxicita po radioterapii prostaty
 - Prohlížení radiologických událostí

CT simulátory

CT simulátory

- Sladit doporučení pro RDG a RT – připomínkování pracovními skupinami
- Opravit chyby a terminologii, nebudou vzorce pro CTDI (odkaz na normu)
- PZ a ZDS osoby typicky z oblasti RDG, ZPS zaměstnanci oddělení RT
- Nepovinné testy:
 - Napětí rentgenky
 - Kontrola rozlišení při nízkém kontrastu
- Ještě v řešení:
 - Četnost ověřování napětí (možná pouze při nevyhovujícím CTDI nebo CT čísla
 - Zrušení ověřování radiačního profilu

Zkoušky provozní stálosti - denní

- Kontrola funkce dveřního kontaktu
- Kontrola systému sledování pacienta
- Přesnost nastavení axiální polohy vnitřním světelným zaměřovačem
- Přesnost nastavení axiální polohy vnějším světelným zaměřovačem
- Střední CT číslo
- Šum, homogenita, artefakty (procedury od výrobce)

Zkoušky provozní stálosti - měsíční

- Kontrola funkce bezpečnostních tlačítek
- Rovnoběžnost axiálního světelného zaměřovače s tomografickou rovinou
- Přesnost sagitálního a koronárního světelného zaměřovače
- Kolmost sagitálních a koronárních integrovaných světelných zaměřovačů k tomografické rovině
- Přesnost a správnost pohybu externích sagitálních a koronárních světelných zaměřovačů
- Kontrola polohy stolu pacienta vzhledem k tomografické rovině (kolmost a vycentrování stolu)
- Nastavování stolu pacienta
- Přesnost z-pozice obrazu u šroubovicového snímání
- Šum, homogenita, artefakty
- Kontrola prostorové integrity obrazu
- Kontrola prostorové rozlišovací schopností
- Kontrola rozlišení při nízkém kontrastu (nepovinný test)

Počáteční ověření a roční ZPS

- Kontrola správné provázanosti izocentra mezi lokalizačním software a vnějšími zaměřovači (**Počáteční ověření**)
- Celková kontrola správné funkčnosti 4D CT (**Počáteční ověření, ZPS – R**)
- Kvalita obrazu při 4D CT (**Počáteční ověření, ZPS – R**)
- Celková kontrola procesu CT simulace (**Počáteční ověření**)
- Kontrola vodorovné polohy stolu (**ZPS – R**)

Počáteční ověření TPS

Počáteční ověření TPS

Ověření plánovacího systému pro radioterapii

Výčet zkoušek dle dokumentů TRS 430 a TG 105 při uvádění do provozu plánovacích systémů pro radioterapii.

Vypracováno v SÚRO (Ing. Irena Konaíarová Ph. D., Ing. Ivana Horáková, CSc.) v roce 2017 .

Každý plánovací systém musí projít počátečním ověřením před uvedením nového zdroje ionizujícího záření do klinického provozu.
Za toto ověření je zodpovědný klinický radiologický fyzik pracoviště.

Po předání (acceptance test) plánovacího systému dodavatelem uživateli následuje přijímací zkouška zdroje. Po první části přijímací zkoušky zdroje v rámci povolení k uvádění do provozu ZIZ probíhá měření dat nutných pro konfiguraci plánovacího systému, vložení dat do plánovacího systému a počáteční ověření TPS (commissioning). Rozsah tohoto ověření by měl vycházet z požadavků tohoto dokumentu.
V případě nového CT simulátoru je nutné ověřit parametry, které mohly být touto změnou dotčeny (zejména kalibrační křivka CT čísel na RED či fyzikální hustoty v plánovacím systému).

Lineární urychlovače

Aktualizace doporučení

- Probíráno na PS RT, podněty zejména na úpravu tolerancí
- Při ZDS má být použita stejná geometrie, pro kterou se parametr stanovoval při PZ
- Doporučení už nebude odkazovat na metodiky
- Ověření radiačního izocentra je nadřazeno ověření mechanického izocentra
- Profily z plánovacího systému se musí shodovat s naměřenými profily, proto při překročení tolerancí pro homogenitu je požadavkům na homogenitu nadřazen požadavek na shodu profilů naměřených a spočtených TPS. Ověření je nutno provést i pro jiné úhly ramene než 0°
- Tolerance pro polohu píku v profilu FFF navýšena na 1 mm
- Vyškrtnut požadavek aby polostín pro pole $10 \times 10 \text{ cm}^2$ byl menší než 8 mm
- $\text{TPR}_{20,10}$ přímo z definice

Aktualizace doporučení

- Faktory velikosti pole u elektronových polí – pokud pracoviště používá ozařovací tabulky, doporučení ověřovat je v rámci ZPS – R
- Kontrola kvality obrazu zobrazovacích systémů a přesnost jejich použití – v souladu s kontrolou kvality u CT simulátorů
- Ověření polohy cílového objemu navýšení tolerance na 1,5 mm pro posuny v jednotlivých směrech a na 2,5 mm pro celkovou vzdálenost posunu
- Definice $CTDI_{100}$:
$$CTDI_{100} = \int_{-50\text{ mm}}^{+50\text{ mm}} \frac{D_{\text{Ref}}(y)}{(N \times T)_{\text{Ref}}} dy \times \frac{CTDI_{\text{free air}, N \times T}}{CTDI_{\text{free air}, \text{Ref}}}$$
- Pokud výrobce udává $CTDI_{\text{free air}}$, porovnává se vůči této hodnotě. Pokud ne, stanoví se při PZ hodnota a při ZDS následně ověřuje
- Indikovaná dozimetrická veličina dle výrobce (Elekta - $C_{a,100}$, v návodu označeno jako air kerma, a pro volume view indikují C_w , označeno jako CBCT-W. Varian - $CTDI_{\text{vol}}$ a Dose length product - DLP).
- V Příloze 1 aktualizace fitovacích parametrů pro FFF svazky různých energií a různých výrobců (doplněna Elekta Versa)

Brachytherapie

Aktualizace doporučení

- Zapracovány požadavky TRS 492 na ověření kalibrace zdrojů
- Kermová vydatnost pouze studnovou ionizační komorou
- Korekční faktor k_{sm,sm_0} na model zdroje (source model correction factor), opravuje rozdíl mezi odezvou IK ozářené kalibračním zdrojem (model sm_0) a odezvou komory ozářené uživatelským zdrojem – model sm .
- Bod maxima v IK hledat při každém měření
- k_{sat} se stanovuje stejně jako v externí radioterapii

Optimalizace CT simulátorů

Anna Negri, Leoš Novák, Irena Koniarová

Cíle projektu

- V radiodiagnostice se používají diagnostické referenční úrovně, v radioterapii v ČR nikoliv (v zahraničí ano)
- Zjištění stavu v České republice (CT simulátory a CT pro plánování léčby)

Výstup projektu:

- Studie popisující stav optimalizace při používání CT simulátorů a CT v radioterapii
- Návrh Doporučení SÚJB pro optimalizaci zobrazovacích protokolů a stanovení dávkových referenčních úrovní

Stanovení typické hodnoty dávkové veličiny

- 50 pacientů pro každý protokol (alespoň 30), včetně gatingu, u některých protokolů se počítá s nižšími počty (např. končetiny)
- Průměrná hmotnost ve skupině $70 \text{ kg} \pm 10 \text{ kg}$ a hmotnost jednotlivých pacientů v rozmezí 50 – 90 kg
- CTDI_{VOL} , DLP (některé i SSDE – size specific dose estimate)
- Pro skenování hlavy v hlavovém fantomu, v tělovém fantomu pro vyšetření oblasti mimo hlavu
- Pokud CT simulátor nemá expoziční automatiku, bude hodnota CTDI_{VOL} pro daný vyšetřovací protokol stejná pro každého pacienta, lišit se bude pouze DLP v závislosti na délce skenu

Obsah doporučení

Obsah

1. Úvod.....	5
2. Použité zkratky	5
3. Dávkové referenční úrovně v radioterapii	6
4. Vlastnosti CT simulátorů požadované při výběrovém řízení	7
4.1 Konstrukční a technické parametry	8
4.2 Kvalita obrazu a rekonstrukce.....	9
4.3 Další technické požadavky	9
4.4 Specifické požadavky pro některé přístroje	10
5. Stanovení typických hodnot pro CT simulátor v daném zdravotnickém zařízení.....	10
5.1 Výběr protokolů.....	10
5.2 Výběr zařízení.....	10
5.3 Výběr pacientů	10
5.4 Místní šetření pro stanovení typické hodnoty.....	11
5.5 Pravidelné přezkoumávání typických hodnot místními šetřeními.....	12
5.6 Vedení záznamů o průběhu a výsledcích místních šetření	13
5.7 Přezkoumání, zda je lékařské ozáření optimalizováno	13
5.8 Provedení nápravných opatření, pokud přezkoumání odhalí nedostatky v optimalizaci lékařského ozáření.....	14
5.9 Vedení záznamů o průběhu a výsledcích přezkoumání a o provádění nápravného opatření v optimalizaci	14
6. Stanovení národních dávkových referenčních úrovní.....	14
6.1 Výběr protokolů pro národní dávkovou studii	14
6.2 Rozdělení hodnot dávek podle typů vybavení.....	15
6.3 Data sbíraná při národní dávkové studii.....	15
7. Návrh hodnot národních dávkových referenčních úrovní.....	15
8. Dávkové referenční úrovně ze zahraniční literatury	17
9. Závěr.....	18
10. Literatura.....	19

Základní pravidla dávkových referenčních úrovní

- Nepoužívají se pro hodnocení úrovně ozáření individuálního pacienta
- Nepoužívají se jako limity
- Pro účely zahájení optimalizace protokolů pro zobrazování v radioterapii se hodnoty dávkových referenčních úrovní považují jako doporučující.
- Jsou zásadním nástrojem procesu optimalizace, který pomáhá identifikovat, zda rutinní dávky nejsou nezvykle vysoké nebo nízké pro daný typ výkonu.
- Jedná se o „vyšetřovací úroveň“. Pokud dávky překračují dávkové referenční úrovně, má se spustit šetření za účelem identifikace možných důvodů vyšších dávek. Pokud je třeba provést nápravu, má se vypracovat plán nápravných akcí a realizovat je.
- Dávková referenční úroveň pomáhá posouzení optimalizace, není dělicí čarou mezi dobrou a špatnou praxí.
- Nejvyšší prioritou je dosažení dostatečné kvality obrazu pro daný klinický účel.

Národní dávková studie

- Mozek
- Hlava a krk
- Prs/hrudník
- Břicho
- Pánev
- Končetiny
- 4D CT

- Všechny používané přístroje víceřadé s kolimacemi (16 řezů na otáčku)
- FBP vs iterativní rekonstrukce (rozdíl pouze Hrudník/Prs)
- Pracoviště, která používají stejný protokol pro oblast břicho i pro oblast pánev se porovnávají s hodnotami pro pánev

Národní dávkové referenční úrovně

Parametr distribuce typických hodnot	CTDI _{VOL} (mGy)						
	Hlava	Hlava a krk	Hrudník; Prs	Břicho	Pánev	Dolní končetina	4D
počet pracovišť	18	16	21	12	20	7	9
minimum	5,27	5,07	6,31	7,86	7,50	4,19	17,2
1. kvartil	42,4	10,1	7,75	10,7	11,0	5,74	25,4
2. kvartil	51,2	12,8	8,60	11,3	13,3	6,77	36,5
3. kvartil	55,2	14,5	9,85	13,0	16,2	8,50	43,6
maximum	65,2	26,9	16,4	24,2	33,7	23,1	50,8
Návrh dávkové referenční úrovně v ČR (CTDI _{VOL} v mGy)	55	15	10	13	16	9	44
NDRÚ v radiodiagnostice v ČR (CTDI _{VOL} v mGy)	65	21 ^{*)}	15	19	25		

^{*)} platí pouze pro oblast krku

Hrudník/Prs je možno pro FBP použít národní dávkové referenční úrovně CTDI_{VOL} 15 mGy a DLP 580 mGy.cm a pro iterativní rekonstrukci CTDI_{VOL} 9 mGy a DLP 360 mGy.cm.

Národní dávkové referenční úrovně

Parametr distribuce typických hodnot	DLP (mGy.cm)						
	Hlava	Hlava a krk	Hrudník; Prs	Břicho	Pánev	Dolní končetina	4D
počet pracovišť	18	16	21	12	20	7	9
minimum	112	221	207	242	332	228	474
1. kvartil	1130	341	322	440	448	233	839
2. kvartil	1316	529	357	505	514	460	1195
3. kvartil	1541	706	414	637	630	605	1701
maximum	1992	1302	751	1110	1695	1166	1825
Návrh dávkové referenční úrovně v ČR (DLP v mGy.cm)	1550	710	410	640	630	610	1700
NDRÚ v radiodiagnostice v ČR (DLP v mGy.cm)	1100	500 ^{*)}	500	750	860		

^{*)} platí pouze pro oblast krku

Srovnání se zahraniční literaturou

Článek	Clerkin a kol. [2]	Zalokar a kol. [3]	Connor a kol. [4]	Toroi a kol. [5]	Wood a kol. [6]	Božanic a kol. [7]	
Rok	2018	2020	2016	2015	2018	2022	2024
Stát	Irsko	Slovinsko	Irsko	Finsko	Velká Británie	Chorvatsko	Česká republika
Zobrazovaná oblast	CTDI _{vol} [mGy]						
Břicho	-	18,7	-	-	-	-	13
Prs	-	13,3	26	24	10	16	10
Hrudník	-	19,2	-	-	14 (plíce 3D) a 63 (plíce 4D)	17	10
Hlava	-	76,9	-	86 (celý mozek)	50 (mozek)	62	55
Hlava a krk	21	22,6	-	37	49	35	15
Pánev	-	17,9	-	36 (prostata)	16 (prostata)	20	16
Páteř	-	22,2	-	-		-	
Gynekologická onemocnění	-	-	-	-	16	-	16

Srovnání se zahraniční literaturou

Článek	Clerkin a kol. [2]	Zalokar a kol. [3]	Connor a kol. [4]	Toroi a kol. [5]	Wood a kol. [6]	Božanic a kol. [7]	
Rok	2018	2020	2016	2015	2018	2022	2024
Stát	Irsko	Slovinsko	Irsko	Finsko	Velká Británie	Chorvatsko	Česká republika
Zobrazovaná oblast	DLP [mGy.cm]						
Břicho	-	1116,2	-	-	-	-	640
Prs	-	606,6	732	-	390	731	410
Hrudník	-	832,4	-	-	550 (plíce 3D) a 1750 (plíce 4D)	865	410
Hlava	-	1942,4	-	-	1500 (mozek)	1738	1550
Hlava a krk	882	969,2	-	-	2150	1444	710
Pánev	-	677,1	-	-	570 (prostata)	1133	630
Páteř	-	1042,4	-	-	-	-	
Gynekologická onemocnění	-	-	-	-	610	-	630

Informace z dotazníků

- Siemens (14), Canon, GE Medical, Philips (3 nebo 2), r. výroby 2007 – 2024, pouze několik dual energy (SOMATOM go.Sim a Somatom Confidence)
- Většina CT simulátor, pouze 3 diagnostické CT
- Průměrně na jednom pracovišti 1500 pacientů (ročně 32500 v ČR) – v rdg 1,3 mil na 175 přístrojích

Relativní počet vyšetření (%)	Lokalita	Průměr	Vážený průměr
	Mozek	7,6	6,6
	Hlava a krk	11,2	13,2
	Prs	25,5	22,2
	Hrudník	10,6	10,0
	Hrudník 4D	5,0	3,8
	Břicho 4D	1,2	1,0
	Břicho	5,1	5,0
	Pánev	31,4	36,1
	Dolní končetina	1,3	1,2
	Jiné	1,1	0,9

Informace z dotazníků

Hodnoty křivky převodu CT čísel na relativní elektronovou hustotu					
	Absolutní počty				
Jak byly stavovené?	CT čísla z nejpoužívanějšího protokolu	Průměrná CT čísla ze všech protokolů	Průměrná CT čísla ze dvou protokolů	CT čísla z jediného používaného protokolu	neuvedeno
	7	7	5	1	1
Byla provedena kontrola rozdílů mezi protokoly?	ANO		NE	neuvedeno	
	11		9	2	
Kontrola na základě rozdílu v HU nebo v dávce?	HU	D			
	10	1			

Informace z dotazníků

- Volba rozsahu skenu – někde jasně definované postupy, jinde upravují dle konkrétní situace. Někde MRS pro každou oblast, jiné dle údajů od lékaře v dokumentaci pacienta
- Frekvence opakování CT kvůli nedostatečné kvalitě obrazu – vůbec nebo velmi zřídka
- Změna parametrů protokolů provedena různými aplikujícími odborníky (snížit dávku, zvýšit kvalitu obrazu; zavádění 4D CT) – parametry voleny na základě studií, konzultací, měřením, odhadem
- Pouze jediné pracoviště pro CT simulátor stanoveny typické hodnoty dávkové veličiny

Data z pracovišť pro národní úrovně

- Často chyběl některý protokol, ale uveden protokol pro obdobnou oblast
- Pánev různé protokoly dle diagnóz
- $CTDI_{vol}$ v nesprávném fantomu

	Počet dat použitých pro stanovení typických hodnot dávkové veličiny						
	Mozek	Hlava a krk	Prs/hrudník	Břicho	Pánev	Končetiny	4D
Pracoviště 1	49	50	50		100	29	
Pracoviště 2			50		14		
Pracoviště 3	29	30	30	28	30		30
Pracoviště 4	33	44	142	44	92	33	42
Pracoviště 5							
Pracoviště 6	39		83		29		
Pracoviště 7	47	50	50	37	50		34
Pracoviště 8	47	50	50	50	50	18	71
Pracoviště 9			50	18	50		12
Pracoviště 10	17	44	65		49		
Pracoviště 11	24	12	75	5	23	6	
Pracoviště 12	30	30	30		30		60
Pracoviště 13	36	57	87	4	51	5	48
Pracoviště 14			46		30		
Pracoviště 15	87	50	191		149		
Pracoviště 16	49	69	363	39	223		
Pracoviště 17	42		20	17	37		47
Pracoviště 18	43	8	98				
Pracoviště 19	47	50	104	50	50	50	50
Pracoviště 20	52	56	56		63		
Pracoviště 21	47	33	136	26	243	19	
Pracoviště 22	30	30	63	18	32		

Data z pracovišť pro národní úrovně

	Mozek		Hlava a krk		Prs / hrudník		Břicho		Pánev		Končetiny		4D	
	CTDI _{VOL} median	DLP median	CTDI _{VOL} median	DLP median	CTDI _{VOL} median	DLP median	CTDI _{VOL} median	DLP median	CTDI _{VOL} median	DLP median	CTDI _{VOL} median	DLP median	CTDI _{VOL} median	DLP median
Prac. 1	57,0	1217	5,97	237	11,1	442			17,3	529	6,26	232		
Prac. 2					9,65	357			14,6	449				
Prac. 3	52,9	1454	13,7	524	8,43	324	10,9	432	11,0	446			17,2	474
Prac. 4	52,6	1531	10,6	444	8,60	396	16,0	769	20,4	903	8,02	683	36,5	1195
Prac. 5														
Prac. 6	55,7	1173			7,60	307			12,8	491				
Prac. 7	10,9	351	5,07	221	7,46	343	13,0	666	12,7	597			26,0	890
Prac. 8	51,3	1746	12,5	594	7,41	322	8,38	518	10,9	616	6,77	460	43,6	1749
Prac. 9					6,67	326	11,1	410	12,0	445			40,9	1587
Prac. 10	55,6	1545	14,4	760	7,86	320			11,0	485				
Prac. 11	53,8	1087	12,5	348	7,91	250	7,86	242	13,7	411	5,22	235		
Prac. 12	56,4	1632	13,7	535	8,36	308			33,7	1695			44,2	1825
Prac. 13	44,7	1171	13,0	699	6,31	207	10,9	628	9,5	375	8,98	527	50,8	1701
Prac. 14					9,83	357			11,2	603				
Prac. 15	65,2	1992	26,9	1302	7,75	414			9,80	499				
Prac. 16	50,2	1348	9,80	290	9,10	340	11,5	493	14,6	451				
Prac. 17	51,1	1584			9,40	393	10,0	445	7,50	332			25,4	655
Prac. 18	41,6	1054	20,8	728	9,86	439								
Prac. 19	39,1	1116	19,6	898	13,2	589	13,2	566	14,8	673	23,1	1166	21,1	839
Prac. 20	51,1	1284	10,2	449	9,85	406			26,5	1101				
Prac. 21	32,3	1451	14,9	697	15,8	751	24,2	1110	15,9	846	4,19	228		
Prac. 22	5,27	112	9,91	322	16,4	565	11,8	443	18,2	577				
max/min	12,4	17,7	5,3	5,9	2,6	3,6	3,1	4,6	4,5	5,1	5,5	5,1	3,0	3,8

Stínění ozařoven

Irena Koniarová, Vladimír Dufek, Tomáš Kořínek

Obsah doporučení

Obsah

Obsah.....	4
1 Úvod	5
2 Návrh stínění pracoviště.....	5
2.1 Stanovení maximálně přípustné hodnoty efektivní dávky P v daném místě	6
2.2 Stanovení efektivní dávky D, kterou by ozářené osoby obdržely v uvažovaném místě bez přítomnosti stínících bariér	6
2.3 Výpočet zeslabovacího faktoru (transmission factor) B stínící bariéry.....	7
2.4 Výpočet tloušťky bariéry t_{barrier} pomocí vypočteného zeslabovacího faktoru B a desetinných tlouštěk (TVL) materiálu.....	10
3 Ověření dodržování návrhů stínění v průběhu stavebních prací.....	14
4 Ověření stínících bariér formou radiačního průzkumu	15
4.1. Geometrie pro ověření stínících bariér.....	15
4.2. Měřidla pro ověření stínících bariér	16
5 Pravidelné monitorování pracoviště	21
6 Specifické aspekty návrhu stínění	21
6.1. Stínící dveře a labyrint.....	21
6.1.1 Urychlovače využívající energie ≤ 10 MV.....	21
6.1.2 Urychlovače využívající energie > 10 MV.....	25
6.3. Alternativní typy labyrintů a dveří.....	28
6.1.3 Problém s přímým stíněním dveří.....	29
6.1.4 Přímé stínění dveří pro gama záření ze zachycených neutronů.....	30
7 Typické hodnoty v okolí radioterapeutických ozařoven v ČR.....	30
8 Literatura	31

Musí být definováno předem

- V projektu musí být maximální používaná energie instalovaného ozařovače
- Vytíženost zdroje s ohledem na rychlejší doručení dávky FFF svazky a možné vyšší dávky při stereotaxi
- Používané techniky s ohledem na vytíženost některé z bariér
- Typický klinický režim (různé energie)
- Využívání přilehlých prostor
- Využívání venkovních prostor (střecha)
- Maximální přípustné hodnoty za bariérami

Ověření dodržování návrhů stínění při stavbě

- Umístění a šířka primárních bariér vzhledem k navrženému izocentru
- Tloušťka a hustota betonu
- Tloušťka kovového stínění a polyetylenu používaného pro stínění neutronů
- Usazení stínících dveří
- Tloušťka kovu za výklenky v betonu (pokud boxy pro lasery)
- Umístění a velikost potrubí nebo kabelových průchodek
- Ověření, že byl dodržen návrh stínění (porovnání s radiačním průzkumem)

Radiační průzkum

- Primární bariéry – maximální velikost pole bez fantomu se svazkem namířeným proti této bariéře, největší rozměr maximální velikosti pole (uhlopříčka), 30 cm od povrchu bariéry
- Sekundární bariéry – s fantomem ve svazku
- Měření i mimo budovu, i v sousedních budovách
- Žádné měřidlo není ideální (FH 40 sice pro vysokoenergetické svazky LU není vhodné, ale lze jej použít k proměření adekvátnosti stínění pokud měření může probíhat delší dobu než se hodnota ustálí – vyšší časová konstanta měřidla)

Typické hodnoty v okolí ozařoven v ČR

	Kategorizace místa	Medián z průměrů ($\mu\text{Sv/h}$)			3. kvartil z průměrů ($\mu\text{Sv/h}$)		
		10 FFF	15 MV	18 MV	10 FFF	15 MV	18 MV
Fotony	Dveře	0,27	1,20	2,80	0,68	2,75	7,51
	Ovladovna	2,71	0,25	1,85	5,75	0,37	2,93
	Vnitřní prostory	0,19	0,19	0,53	0,51	0,81	0,61
	Vnější prostory	1,11	0,29	0,84	7,07	3,26	6,72
Neutrony	Dveře	0,04	0,25	0,50	0,08	0,63	2,06
	Ovladovna	0,04	0,03	0,04	0,04	0,07	0,04
	Vnitřní prostory	0,02	0,00	0,06	0,05	0,01	0,14
	Vnější prostory	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

vyzkum.radiacniochrana.cz